

Columns for mass and/or heat exchange containing built-in elements

The invention relates to columns for mass and/or heat exchange between a gaseous, at least one liquid, and at least one solid phase, containing built-in elements, as well as to their application to distillation, fractionation, absorption, extraction, drying or wetting, or carrying out chemical reactions.

Packings that can be built in, in mass and heat exchange columns, and that supply exchange surfaces for mass and/or heat exchange between phases in mutual contact, are known. When one or more liquid phases take part in the exchange, the exchange takes place only at the surface of the packing wetted by these phases. Therefore, the part of the surface that is wetted by the liquid phase, should be as large as possible, considering the non-wetted part is lost for the exchange. However, the packings known up to now do not actively take part in the mass and/or heat exchange.

Sorption is understood to mean the incorporation of a gas or vapor into another substance, the sorbent, in contact with it. The general term "sorption" comprises:

- a) absorption, i.e., the penetration of gases or gas mixtures by diffusion into a liquid or a solid, the absorbent;
- b) adsorption, i.e., the reversible attachment of gases and dissolved substances at phase boundaries, that is, the surface of a solid or a boundary between two liquids, under the influence of Van der Waals' or electrostatic forces;
- c) capillary condensation, i.e., the condensation of vapors in fine pores of a porous solid during an adsorption process;
- d) chemisorption, i.e., an irreversible adsorption process involving chemical reactions; and
- e) desorption, i.e., the separation of sorbed components from the sorbent.

Presently, applications of adsorption are known in which the adsorption agent is used in granulated form in a fixed bed, moving bed, fluidized bed, or (for liquids only) powder form. Fixed bed methods can be used for the treatment of gaseous and liquid media only. The application of methods with moving adsorption agents causes problems in systems with a solid phase as a result of the loss of adsorption agent due to attrition, and the failure susceptibility of the solid transport devices. Activated carbon in particular is used in large volumes as a powder for the decoloring and cleaning of solutions in several sectors of industry. Until now the adsorption was applied only in systems in which only solid and liquid, or solid and gaseous phases were separated, for example for filtration in wastewater technology, or exhaust air treatment.

However, the application of adsorption in three- and multiphase systems, i.e., systems with a gaseous, at least one liquid, and at least one solid phase, which all take part in the mass exchange, has not been considered for distillation, adsorption, extraction, and such.

The aim of the invention is to provide columns that allow the application of adsorption for the mass and/or heat exchange in three- or multiphase systems.

The column according to the invention for the mass and/or heat exchange is characterized in that the built-in elements comprise on at least part of their surfaces a metallic, ceramic, or plastic substrate coated with fibers, surface structures, or particles made of carbon.

By the application of adsorption in such a three- or multiphase system for distillation, fractionation, absorption, extraction, drying or wetting, or carrying out chemical reactions, an improved yield in comparison to the above mentioned known packings can be obtained, increasing the number of transfer units or separation stages ("theoretical plate number"), allowing a reduction of the column height. When acid gases are absorbed, a strong buffer effect can be seen, keeping the pH in the range of 6 to 9 for a significantly longer period as would be expected based on the absorbed amount of gas, which in its turn results in a larger absorption capacity for the acid gas.

The term "column" comprises, within the scope of protection of the invention, usual devices for the mass and/or heat exchange. Such devices generally take the form of a tower or a pillar, and are, for example, used for distillation, fractionation, absorption, adsorption, regeneration, extraction, drying,

wetting, or carrying out chemical reactions. More in particular the term comprises columns that can contain built-in elements. This type of columns is discussed in, for example, CH-PS 398 503.

The substrate can be made of metal, preferably stainless steel or carbon steel, ceramics, preferably stoneware or porcelain, or a plastic, preferably an extrudable plastic, more preferably a thermoplastic material, and even more preferably polyethylene, polypropylene, polyvinyl chloride, or polyvinylidene fluoride. It can be coated with fabrics, fleece, felt, fibers, chopped fibers, granulate, chips, or whiskers made of carbon. However, the best results are generally obtained with a carbon fiber fabric of warps and wefts running at right angles. Preferably, the fabric has a weight per unit surface of 250 to 460 g/m², and a thickness of 0.5 to 1 mm. The fiber thickness can be 18 micrometer, or more. Preferably, the free surface of the carbon is not finished.

The carbon coating is applied to the substrate during the production of the built-in elements. This production of the built-in elements can take place by adhering or fusing the carbon coating with the substrate, or rolling, pressing, or thermal calendaring of the carbon coating onto the substrate, the coated substrate being transformed into the proper form beforehand or afterwards. One can use the usual forms of built-in elements for the columns for mass and/or heat exchange.

The built-in elements can preferably be made of strips arranged in parallel to the column axis, which may touch each other. Especially appropriate are the packings of the type described in CH-PS 398 503, in which at least one of two touching strips is undulating, and the undulations of subsequent undulating strips have different directions. The undulation can, for example, be a serrated or corrugated profile. Preferably the undulation of at least one of two subsequent undulating strips is arranged in such a way that it makes an angle of 20 to 70°, for example about 45° with the column axis. More preferably the undulations of the strips are arranged in such a way that they all have approximately the same inclination to the column axis, while the directions of the undulations of each pair of neighboring strips cross.

Research has shown that the surfaces of the coatings for a carbon fiber or filament coated substrate are fully wetted, as a result of the capillary forces in the fibers or filaments, by liquids of all types, such as water, water-based solutions, organic solvents, or even heavy, viscous oils. The measured contact angle β was 0 ($\cos \beta = 1$). It is a particular advantage of the present invention that this effect is attained with hydrophilic, as well as with lipophilic liquids.

The attached drawings show preferred embodiments of the invention. They show:

Fig. 1 - a two-sided carbon fiber coated substrate,

Fig. 2 - a one-sided chopped carbon fiber coated substrate,

Fig. 3 - an element to be built in, in a column according to the invention, and

Fig. 4 - a diagram showing the separation performance of a column according to the invention versus the gas load factor F.

Fig. 1 shows a substrate 2 having a thickness of 2 to 3 mm, which is made of a thermoplast. The substrate 2 is coated on both sides with a carbon fiber fabric 1.

The substrate 2 shown in Fig. 2 is coated on one side with a chopped carbon fiber 3.

In Fig. 3 the built-in element is indicated with 4.

An absorption column according to the invention, containing built-in elements of carbon fiber coated polypropylene, was compared with an absorption column containing the eldest known ordered built-in elements of uncoated polypropylene. The used built-in elements according to the invention and the known built-in elements had the same specific surface of 245 m²/m³, as well as the same geometrical shapes and the same dimensions.

The results of the performance test are shown in Fig. 4. The separation performance, expressed as number of transfer units per meter (NTUM), is plotted along the ordinate, and the gas load factor $F = w\sqrt{\rho_g}$ is plotted along the abscissa, in which w is the gas velocity calculated for the entire cross-sectional area of the column, and ρ_g is gas density, expressed in (m/s) $\sqrt{(\text{kg}/\text{m}^3)}$. The graph indicated with A shows the values for the column according to the invention, and the graph indicated with B the

one according to the state-of-the-art.

A mixture of sulfur dioxide and air was fed to the column with a feed concentration of SO₂ of 2 to 14 g/Nm³. The gas was washed with water at a spray density of 5 to 20 m³/m²h. The separation performance was calculated and analyzed according to the equation of Chilton and Colburn (Ind. Eng. Chem. 27, 1935). In comparison to the column according to the state-of-the-art (graph B) the column according to the invention (graph A) showed a separation performance improvement of up to 100%.

Furthermore, a distillation column according to the invention containing carbon fiber coated built-in elements of stainless steel was compared to a distillation column containing uncoated built-in elements of stainless steel, in which the other characteristics of the built-in elements (specific surface, shape, and dimensions) were the same as those of the above absorption columns.

The separation performance was measured under infinite recycling. The gas load factor F was set at 2 to 2.4, as is usual in the industry. The results are summarized in the following table:

Table

Compound system	Head pressure mbar	Separation performance*	
		A**	B***
acetone/water	990	5.5	3.5
methanol/water	990	4.8	3.1
isooctane/water	1020	3.0	2.2
isopropanol/water	1000	3.6	2.4

* Number of separation stages ("theoretical plate number")/m

** Column according to the invention

*** Column according to the state-of-the-art

The column according to the invention yielded a separation performance improvement of up to 60%. The fact that the separation performance improvement is smaller in distillation in comparison to absorption is due to the fact that in a separation process that involves a phase change, the energy necessary for the phase change (evaporation enthalpy, heat of crystallization, etc.) outweighs the energy necessary for the adsorption, which is based on smaller forces in the molecular range (Van der Waals' forces, electrostatic forces).

A further advantage of the application of a column according to the invention for compound separations by distillation, that, due to insufficient differences between the liquids at standard pressure, needed to be performed under vacuum conditions until now, is the fact that with a column according to the invention the same or higher separation performances can be obtained at atmospheric pressure in comparison to a column according to the state-of-the-art under vacuum, thus avoiding the costs for establishing and maintaining a vacuum.

Claims

1. Column for the mass and/or heat exchange between a gaseous, at least one liquid, and at least one solid phase, containing built-in elements, characterized in that the built-in elements on at least part of their surfaces comprise a metallic, ceramic, or plastic, preferably extrudable plastic substrate (2) coated with fibers, surface structures, or particles made of carbon.
2. Column according to claim 1, characterized in that the substrate (2) comprises stainless steel, carbon steel, stoneware, porcelain, or thermoplastic plastic, preferably polyethylene, polypropylene, polyvinyl chloride, or polyvinylidene fluoride.
3. Column according to claim 1 or 2, characterized in that the substrate (2) is coated with a fabric, fleece, felt, fibers, chopped fibers, granulate, chips, or whiskers made of carbon.
4. Column according to one of claims 1 to 3, characterized in that the free surface of the carbon is not finished.
5. Column according to one of claims 1 to 4, characterized in that the coating is adhered to, or fused with the substrate (2), or is applied to the substrate by rolling, pressing, or thermal calendering.
6. Column according to one of claims 1 to 5, characterized in that the built-in elements comprise strips that are arranged in parallel to the column axis, and that may touch each other.

Translation of drawings

Fig. 4

Trennleistung (Anzahl Uebergangseinheiten/m)	Separation performance (Number of transfer units/m)
F-Faktor $[(m/s)\sqrt{(kg/m^3)}]$	F-Factor $[(m/s)\sqrt{(kg/m^3)}]$

1) Family number: 17675292 (**DE9107782U**)
[\[icon\]](#) [\[icon\]](#) [full-text](#) | [status](#) | [citations](#) | [\[icon\]](#) | [\[icon\]](#)
Priority: DE19910007782U 19910624[Priority Map](#)

Family:	Publication number	Publication date	Application number	Application date	Link
Family Explorer	DE9107782 U1	19910919	DE19910007782U	19910624	[icon] [icon]

Assignee(s): CHEMATEC AG MOEHLIN CH**International class (IPC 8):** B01J19/32 (Advanced/Invention);**class (IPC 8):** B01J19/32 (Core/Invention)**International class (IPC 1-7):** B01D3/00 B01J19/32**European class:**

B01J19/32 L01J219/322E L01J219/324D L01J219/324F2 L01J219/324R

Abstract:

Source: DE9107782U (Claim 1) 1. Einbauelemente enthaltende Kolonne fuer den Stoff- austausch und/oder Waermeaustausch zwischen einer gasfoermigen, mindestens einer fluessigen und mindestens einer festen Phase, dadurch gekennzeichnet, dass die Einbauelemente aus einem mindestens auf einem Teil seiner Oberflaeche mit Fasern, Flaechegebilden oder Partikeln aus Kohlenstoff beschichteten Substrat (2) aus Metall, keramischem Material oder Kunststoff, insbesondere extrudierbarem Kunststoff, bestehen.

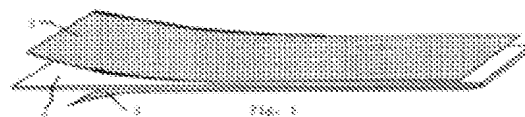


Fig. 1



Fig. 2

Machine translation: (Claim 1) 1. Installation elements containing column for the material exchange and/or heat exchange between a gaseous, at least a liquid and at least a firm phase, is characterized by that the installation elements consist coated substrate (2) of one at least on a part of its surface with fibers, planar formations or particles made of carbon made of metal, ceramic material or plastic, in particular extrudable plastic.

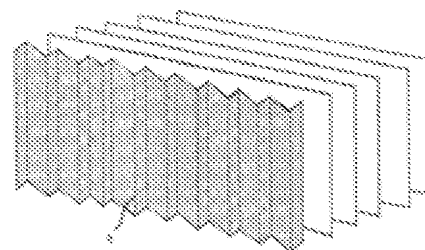


Fig. 3

91 07 782.



12 **Gebrauchsmuster**

U 1

(11) Rollennummer G 91 07 782.6

(51) Hauptklasse B01J 19/32

Nebenklasse(n) B01D 3/00

(22) Anmeldetag 24.06.91

(47) Eintragungstag 19.09.91

(43) Bekanntmachung
im Patentblatt 31.10.91

(54) Bezeichnung des Gegenstandes
Einbauelemente enthaltende Kolonne für den
Stoffaustausch und/oder Wärmeaustausch

(71) Name und Wohnsitz des Inhabers
Chematec AG, Möhlin, CH

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters
Strehl, P., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.;
Schübel-Hopf, U., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;
Groening, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 8000
München

Einbauelemente enthaltende Kolonne für den Stoffaustausch
und/oder Wärmeaustausch

Die Erfindung betrifft eine Einbauelemente enthal-
tende Kolonne für den Stoffaustausch und/oder Wärmeaustausch
zwischen einer gasförmigen, mindestens einer flüssigen und
mindestens einer festen Phase sowie deren Verwendung zum De-
stillieren, Rektifizieren, Absorbieren, Extrahieren, Trocknen
oder Befeuchten oder zum Durchführen chemischer Reaktionen.

10

Es sind Packungen oder Füllkörper für den Einbau in
Stoffaustausch- und/oder Wärmeaustauschkolonnen bekannt, die
die Austauschoberfläche für den Stoffaustausch und/oder Wärme-
austausch zwischen den miteinander in Kontakt stehenden Phasen
zur Verfügung stellen. Wenn an dem Austausch eine oder mehrere
flüssige Phasen beteiligt ist bzw. sind, so findet der Aus-
tausch nur an der von dieser Phase bzw. diesen Phasen benetz-
ten Oberfläche der Packungen bzw. der Füllkörper statt. Der
Anteil der Oberfläche, der von der flüssigen Phase bzw. den
flüssigen Phasen benetzt ist, soll also möglichst gross sein,
da der nicht benetzte Anteil für den Austausch verloren ist.
Die bisher bekannten Packungen oder Füllkörper nehmen jedoch
nicht aktiv am Stoffaustausch und/oder Wärmeaustausch teil.

25

Unter Sorption versteht man die Aufnahme eines
Gases oder Dampfes durch einen anderen, mit ihm in Berührung
stehenden Stoff, dem Sorbens. Der Oberbegriff "Sorption" um-
fasst

- a) die Absorption, das heisst, das Eindringen von Gasen oder
Gasgemischen durch Diffusion in eine Flüssigkeit oder
einen festen Stoff, das Absorbens;
- b) die Adsorption, das heisst, die reversible Anlagerung von
Gasen und gelösten Stoffen an Phasengrenzflächen, nämlich
der Oberfläche eines festen Stoffes oder einer Grenzfläche
zwischen zwei Flüssigkeiten, unter dem Einfluss von van
der Waals'schen oder elektrostatischen Kräften;

30

35

91 07 782.

- c) die Kapillarkondensation, das heisst, die Kondensation von Dämpfen in feinen Poren eines porösen festen Stoffes während eines Adsorptionsvorganges;
- d) die Chemisorption, das heisst, ein irreversibler Adsorptionsprozess, bei dem chemische Reaktionen eintreten;
- e) die Desorption, das heisst, das Abtrennen sorbierter Komponenten von dem Sorbens.

Es sind bereits Anwendungen der Adsorption bekannt, bei denen das Adsorptionsmittel in körniger Form im Festbett, im Bewegtbett oder im Wirbelbett oder (nur für Flüssigkeiten) in Pulverform angewendet wird. Festbettverfahren können zur Behandlung von gasförmigen und flüssigen Medien verwendet werden. Die Anwendung von Verfahren mit bewegtem Adsorptionsmittel bereitet bei Systemen mit einer festen Phase Schwierigkeiten infolge von Adsorptionsmittelverlusten durch Abrieb und Störanfälligkeit der Transporteinrichtungen für den Feststoff. Vor allem Aktivkohle wird in grösserem Umfang als Pulver zum Entfärben und Reinigen von Lösungen in den verschiedensten Industriezweigen verwendet. Bisher wurde die Adsorption nur in Systemen angewandt, in denen nur feste und flüssige oder nur feste und gasförmige Phasen getrennt werden, z.B. zum Filtern in der Abwassertechnik oder bei der Abluftreinigung.

Die Anwendung der Adsorption in Drei- und Mehrphasensystemen, das heisst, Systemen mit einer gasförmigen, mindestens einer flüssigen und mindestens einer festen Phase, die alle am Stoffaustausch beteiligt sind, wurde jedoch zum Destillieren, Adsorbieren, Extrahieren und dergleichen noch nicht in Betracht gezogen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Kolonnen zur Verfügung zu stellen, die die Anwendung der Adsorption für den Stoff- und/oder Wärmeaustausch in Drei- oder Mehrphasensystemem erlauben.

5 Die erfindungsgemässe Kolonne für den Stoffaus-
tausch und/oder Wärmeaustausch ist dadurch gekennzeich-
net, dass die in ihr enthaltenen Einbauelemente aus einem
mindestens auf einem Teil seiner Oberfläche mit Fasern,
Flächengebilden oder Partikeln aus Kohlenstoff beschichteten
10 Substrat aus Metall, keramischem Material oder Kunststoff,
insbesondere extrudierbarem Kunststoff, bestehen.

Durch die Anwendung der Adsorption in einem solchen
15 Drei- oder Mehrphasensystem zum Destillieren, Rektifizieren,
Absorbieren, Extrahieren, Trocknen oder Befeuchten oder zum
Durchführen chemischer Reaktionen kann eine Verbesserung des
Wirkungsgrades gegenüber den eingangs erwähnten bekannten
Packungen und Füllkörpern erzielt werden, wobei die Anzahl
20 der Uebergangseinheiten oder Trennstufen ("theoretische Boden-
zahl") erhöht wird, so dass die Kolonnenhöhe reduziert werden
kann. Wenn saure Gase absorbiert werden, kann eine starke
Pufferwirkung beobachtet werden, so dass der pH-Wert wesent-
lich länger im Bereich von 6 bis 9 bleibt, als aufgrund der
25 absorbierten Gasmenge zu erwarten wäre, was wiederum eine
höhere Aufnahmefähigkeit für das saure Gas hervorruft.

Der Ausdruck "Kolonne" umfasst im Rahmen der
vorliegenden Erfindung übliche Vorrichtungen für den
30 Stoffaustausch und/oder den Wärmeaustausch. Solche Vor-
richtungen besitzen in der Regel die Form eines Turmes
oder einer Säule und werden beispielsweise zum Destil-
lieren, Rektifizieren, Absorbieren, Adsorbieren,
Regenerieren, Extrahieren, Trocknen, Befeuchten oder zur
35 Durchführung chemischer Reaktionen verwendet. Insbesondere

umfasst der Ausdruck Kolonnen, welche Einbauelemente enthalten können. Derartige Kolonnen sind z. B. in CH-PS 398 503 beschrieben.

5 Das Substrat kann aus Metall, vorzugsweise
rostfreiem Stahl oder Kohlenstoffstahl, keramischem
Material, vorzugsweise Steingut oder Porzellan, oder
Kunststoff, insbesondere extrudierbarem Kunststoff,
vorzugsweise thermoplastischem Kunststoff, insbe-
10 sondere Polyethylen, Polypropylen, Polyvinylchlorid oder
Polyvinylidenfluorid, bestehen. Es kann mit Gewebe, Vlies,
Filz, Fasern, Faserhäcksel, Granulat, Schuppen oder Nadeln
aus Kohlenstoff beschichtet sein. Die besten Resultate werden
jedoch im allgemeinen mit einem Kohlenstoff-Fasergewebe aus
15 senkrecht zueinander verlaufenden Kett- und Schussfäden er-
zielt. Das Gewebe hat vorzugsweise ein Flächengewicht von
250 bis 460 g/m² und eine Dicke von 0,5 bis 1 mm. Die Faser-
dicke kann 18 µm oder auch mehr betragen. Vorzugsweise ist
die freiliegende Oberfläche des Kohlenstoffs nicht ver-
20 siegelt.

Bei der Herstellung der Einbauelemente wird
die Kohlenstoffbeschichtung auf das Substrat aufgebracht.
Die Herstellung der Einbauelemente kann dabei durch Ver-
kleben oder Verschweissen der Kohlenstoffbeschichtung mit
25 dem Substrat oder Aufwalzen, Aufpressen oder Thermokalandrie-
ren der Kohlenstoffbeschichtung auf das Substrat erfolgen,
wobei das beschichtete Substrat vorher oder nachher in eine
geeignete Form gebracht wird. Es eignen sich die üblichen
Formen von Einbauelementen für Kolonnen für den Stoffaus-
30 tausch und/oder Wärmeaustausch.

Die Einbauelemente können vorzugsweise als paral-
lel zur Kolonnenachse angeordnete Lamellen ausgebildet sein,

welche einander berühren können. Besonders geeignet sind Packungen der in CH-PS 398 503 beschriebenen Art, in welchen mindestens eine von zwei sich berührenden Lamellen geriffelt ist und die Riffelungen von aufeinander folgenden geriffelten Lamellen verschiedene Richtungen haben. Die Riffelung kann beispielsweise eine zacken- oder wellenförmige Profilierung sein. Vorzugsweise ist die Riffelung von mindestens einer von zwei aufeinander folgenden geriffelten Lamellen so gerichtet, dass sie mit der Kolonnenachse einen Winkel von 20 bis 70°, beispielsweise etwa 45°, bildet. Insbesondere kann die Riffelung der Lamellen so angeordnet sein, dass sie für alle Lamellen etwa gleiche Neigung zur Kolonnenachse aufweist, aber sich die Richtungen der Riffelungen von je zwei benachbarten Lamellen schneiden.

15

Versuche haben ergeben, dass die Oberfläche der Beschichtung bei einem mit Kohlenstoff-Fasern oder -Filamenten beschichteten Substrat infolge der Kapillarkräfte in den Fasern bzw. Filamenten von Flüssigkeiten aller Art, wie Wasser, wässrigen Lösungen, organischen Lösungsmitteln oder sogar schweren, viskosen Ölen vollständig benetzt wird. Der gemessene Kontaktwinkel β betrug 0 ($\cos \beta = 1$). Es ist ein besonderer Vorteil der vorliegenden Erfindung, dass dieser Effekt sowohl mit hydrophilen als auch mit lipophilen Flüssigkeiten erzielt wird.

In der beiliegenden Zeichnung sind besonders bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung dargestellt.
30 Es zeigen:

Fig. 1 ein beidseitig mit Kohlenstoff-Fasergewebe beschichtetes Substrat,

Fig. 2 ein einseitig mit Kohlenstoff-Faserhäcksel beschichtetes Substrat,

Fig. 3 ein Einbauelement für eine erfindungsge-
5 mässe Kolonne,

Fig. 4 ein Diagramm, in dem die Trennleistung einer
erfindungsgemässen Kolonne gegen den Gasbelastungsfaktor F
aufgetragen ist.
10

In Fig. 1 ist ein Substrat 2 dargestellt, das eine
Dicke von 2 bis 3 mm hat und aus einem Thermoplasten besteht.
Das Substrat 2 ist beidseitig mit einem Kohlenstoff-Faserge-
15 webe 1 beschichtet.

Das in Fig. 2 gezeigte Substrat 2 ist einseitig mit
Kohlenstoff-Faserhäcksel 3 beschichtet.

20 In Fig. 3 ist das Einbauelement mit 4 bezeichnet.

Eine erfindungsgemässe Absorptionskolonne, die Ein-
bauelemente aus mit Kohlenstoff-Fasern beschichtetem Polypropy-
len enthielt, wurde mit einer Absorptionskolonne verglichen,
25 die die ältesten bekannten geordneten Einbauelemente aus un-
beschichtetem Polypropylen enthielt. Die erfindungsgemäss
verwendeten Einbauelemente und die bekannten Einbauelemente
hatten die gleiche spezifische Oberfläche von $245 \text{ m}^2/\text{m}^3$ sowie
die gleiche geometrische Form und die gleichen Abmessungen.

30 Das Ergebnis des Leistungsvergleichs ist in Fig. 4

wiedergegeben. Auf der Ordinate ist die Trennleistung, ausgedrückt als Anzahl Uebergangseinheiten/m (number of transfer units per meter, NTUM), aufgetragen, und auf der Abszisse ist der Gasbelastungsfaktor $F = w\sqrt{\rho_g}$, wobei w die auf den gesamten Kolonnenquerschnitt bezogene Gasgeschwindigkeit und ρ_g die Gasdichte ist, ausgedrückt in $(\text{m/s})\sqrt{\text{kg/m}^3}$, aufgetragen. Die mit A bezeichnete Kurve zeigt die Werte für die erfindungsgemäße Kolonne und die mit B bezeichnete Kurve diejenigen für die Kolonne nach dem Stand der Technik.

10

Der Kolonne wurde ein Gemisch aus Schwefeldioxid und Luft zugeführt, wobei die Eintrittskonzentration des SO_2 bei 2 bis 14 g/Nm^3 lag. Das Gas wurde mit Wasser bei einer Berieselungsdichte von 5 bis $20 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ gewaschen. Die Trennleistung wurde nach der Formel von Chilton und Colburn (Ind. Eng. Chem. 27, 1935) berechnet und ausgewertet. Die erfindungsgemäße Kolonne (Kurve A) wies gegenüber der Kolonne nach dem Stand der Technik (Kurve B) eine Verbesserung der Trennleistung um bis zu 100% auf.

20

Ferner wurde eine erfindungsgemäße Destillationskolonne, die mit Kohlenstoff-Fasern beschichtete Einbauelemente aus rostfreiem Stahl enthielt, mit einer Destillationskolonne, die unbeschichtete Einbauelemente aus rostfreiem Stahl enthielt, verglichen, wobei die Einbauelemente im übrigen die gleichen Eigenschaften (spezifische Oberfläche, Form und Abmessungen) hatten wie die oben erwähnten Absorptionskolonnen.

25

Die Trennleistung wurde bei unendlichem Rücklauf gemessen. Der Gasbelastungsfaktor F wurde, wie in der Industrie üblich, auf 2 bis 2,4 eingestellt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

30

Tabelle

Stoffsystem	Kopfdruck mbar	Trennleistung*	
		A**	B***
5 Aceton / Wasser	990	5,5	3,5
Methanol / Wasser	990	4,8	3,1
Isooctan / Wasser	1020	3,0	2,2
Isopropanol / Wasser	1000	3,6	2,4

10 * Anzahl Trennstufen ("theoretische Böden")/m

** Erfindungsgemässe Kolonne

*** Kolonne nach dem Stand der Technik

Die erfindungsgemässe Kolonne erbrachte eine Verbesserung der Trennleistung um bis zu 60%. Dass die Verbesserung der Trennleistung bei der Destillation geringer ist als bei der Absorption, beruht darauf, dass bei einem Trennvorgang, der mit einer Phasenumwandlung verbunden ist, der für die Phasenumwandlung erforderliche Energieaufwand (Verdampfungsenthalpie, Kristallisationswärme usw.) gegenüber dem Energieaufwand für die Adsorption, die auf geringen Kräften im molekularen Bereich (van der Waals'sche Kräfte, elektrostatische Kräfte) beruht, überwiegt.

Ein weiterer Vorteil der Verwendung einer erfindungsgemässen Kolonne für Stofftrennungen durch Destillation, die wegen der ungenügenden Flüchtigkeitsunterschiede bei Normaldruck bisher im Vakuum durchgeführt werden mussten, besteht darin, dass mit einer erfindungsgemässen Kolonne schon bei Atmosphärendruck eine gleiche oder höhere Trennleistung erzielt werden kann als mit einer Kolonne nach dem Stand der Technik im Vakuum, so dass der Aufwand für das Erzeugen und Aufrechterhalten eines Vakuums entfällt.

E

91 07 782.

Schutzansprüche

5

1. Einbauelemente enthaltende Kolonne für den Stoff-
austausch und/oder Wärmeaustausch zwischen einer gasförmigen,
mindestens einer flüssigen und mindestens einer festen Phase,
10 dadurch gekennzeichnet, dass die Einbauelemente aus einem
mindestens auf einem Teil seiner Oberfläche mit Fasern, Flä-
chengebilden oder Partikeln aus Kohlenstoff beschichteten Sub-
strat (2) aus Metall, keramischem Material oder Kunststoff, insbe-
sondere extrudierbarem Kunststoff, bestehen.

15

2. Kolonne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass das Substrat (2) aus rostfreiem Stahl, Kohlenstoffstahl,
Steingut, Porzellan oder thermoplastischem Kunststoff, insbe-
sondere Polyethylen, Polypropylen, Polyvinylchlorid oder
20 Polyvinylidenfluorid, besteht.

20

3. Kolonne nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekenn-
zeichnet, dass das Substrat (2) mit Gewebe, Vlies, Filz, Fasern,
25 Faserhäcksel, Granulat, Schuppen oder Nadeln aus Kohlenstoff
beschichtet ist.

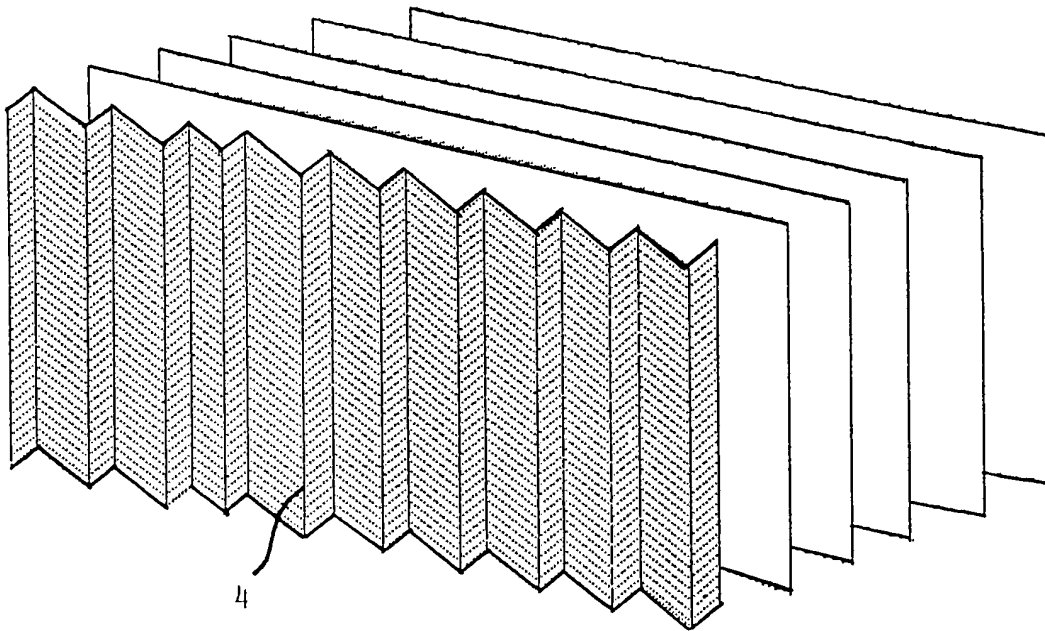
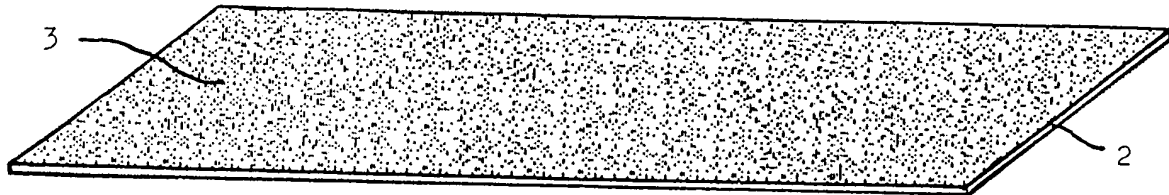
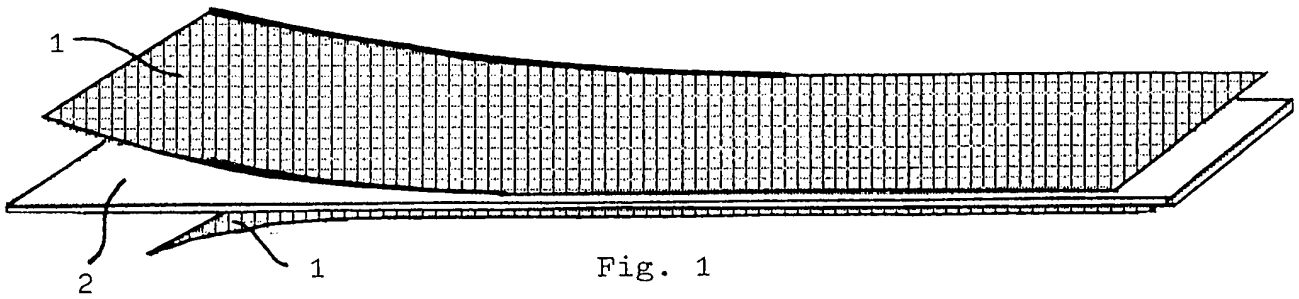
4. Kolonne nach einem der Ansprüche 1 bis 3, da-
durch gekennzeichnet, dass die freiliegende Oberfläche des
30 Kohlenstoffs nicht versiegelt ist.

5. Kolonne nach einem der Ansprüche 1 bis 4, da-
durch gekennzeichnet, dass die Beschichtung mit dem Substrat (2)
verklebt oder verschweisst oder auf das Substrat (2) aufgewalzt,
35 aufgedrückt oder thermokalandriert ist.

91 07 782.

6. Kolonne nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Einbauelemente als parallel zur Kolonnenachse angeordnete Lamellen ausgebildet sind, welche einander berühren können.

91 07 782.



91 07 782.

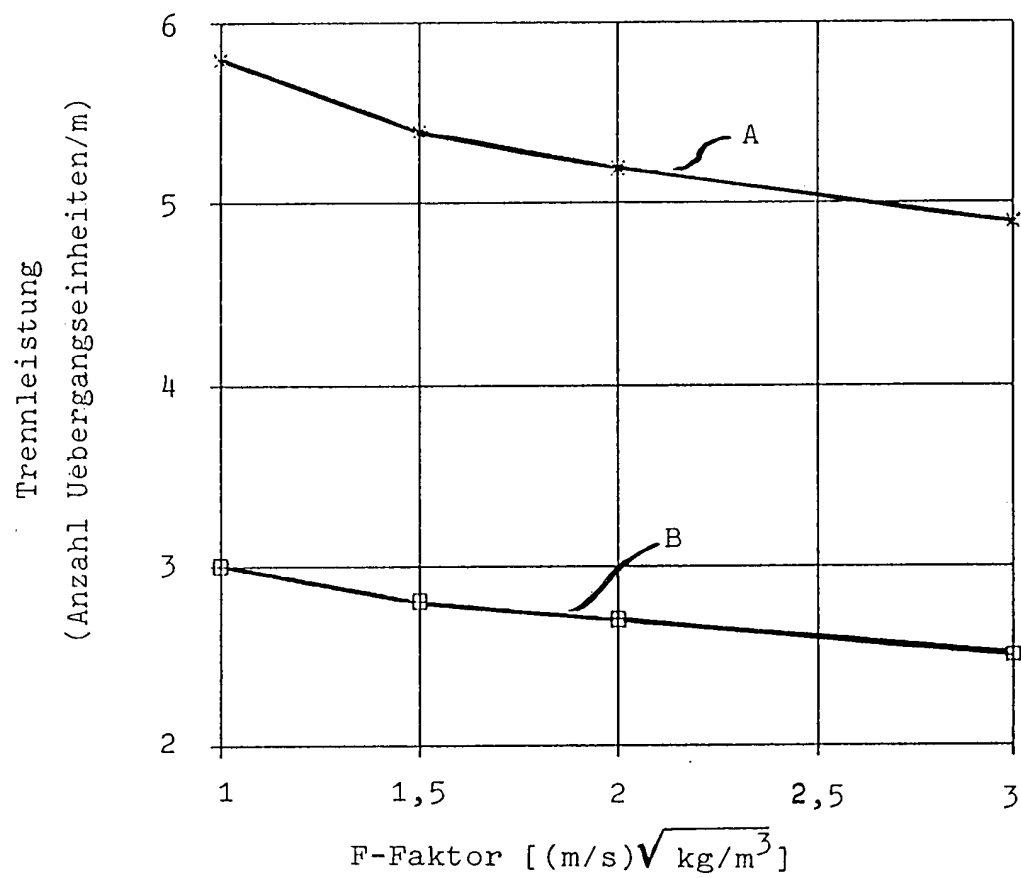


Fig. 4

91 07 782.